コード生成

概要

- コード生成

  式のコード生成、文、文の列のコード生成

演習で作るコンパイラの例

test.hcc

```
Int main()
{     int i j;
      i = 3;
      j = 4;
      putint(i+j);
  }
```

test.hsm

```
PUSH    0    2
LDC     0    3
STV     0    0
LDC     0    4
STV     0    1
LDV     0    0
LDV     0    1
AD      0    0
WRI     0    0
POP     0    2
HLT     0    0
```

Test.classを逆アセンブル javap –c Testで表示

```
0:      iconst_3
1:      istore_1
2:      iconst_4
3:      istore_2
4:      getstatic     #2;
7:      iload_1
8:      iload_2
9:      iadd
10:     invokevirtual          #3;
13:     return
```

Hsm (HiStackMachine)の概要(1)

- 演習で用いる仮想機械(スタックマシン）
- 構成

  プログラムP

  ・命令列の置き場

  プログラムカウンタ(pc)

  ・次に実行する命令を指示

  スタック(S)

  ・演算対象（被演算数、演算結果）を置く

  ・記憶域

  スタックポインタ(sp)

  ・スタックトップを指す

  フレームポインタ(fp)

  ・関数（手続き）のフレームの開始アドレス（後の講義で説明）

Hsm (HiStackMachine)の概要(2)

- 命令セット

  (1) ロード・ストア命令

  ・ロード命令：スタックトップに値を置く。

  ・ストア命令：記憶域として確保した所に値を保存する。

  ・記憶域の確保、開放の命令

  (2) 演算命令

  ・算術演算、関係演算。(論理演算はない)

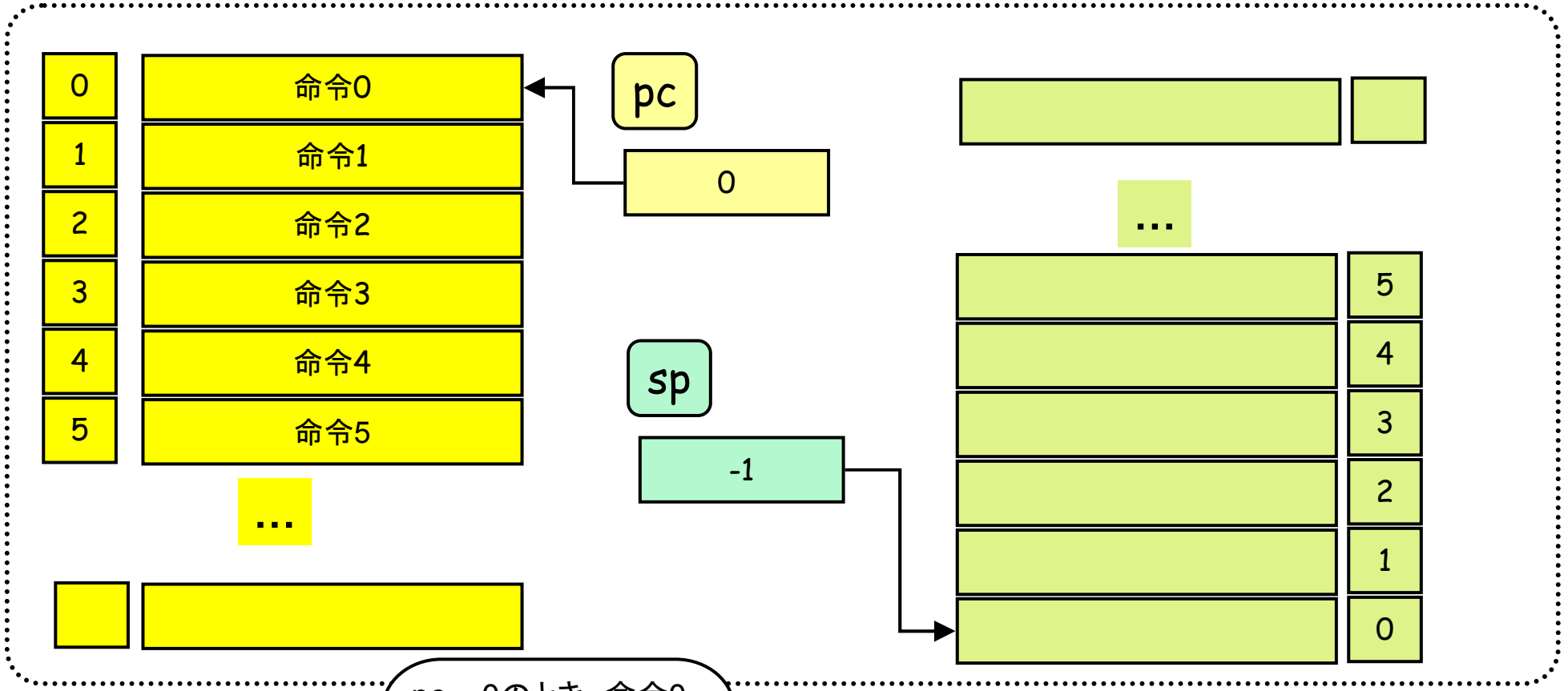
  (3) ジャンプ命令、制御命令

  ・無条件ジャンプ、条件ジャンプ、停止命令

  (4) 入出力命令

  ・入力、出力

hsmの構成図



P

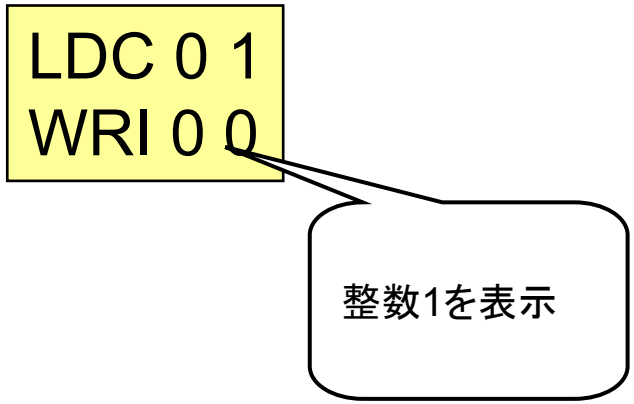
pc = 0のとき、命令0を実行する。
pc = 1のとき、命令1を実行する
…
pc = nのとき命令nを実行する

S

値をロードする場合には、sp←sp+1としてS[sp]に置く。

出力命令

```
WRI  0  0     整数表示:
                  S[sp]を表示; sp--;  pc++;
WRC 0 0   文字表示:
                  文字コードS[sp]に対する文字の表示;
                  sp--; pc++;
WNL 0 0   改行表示:
                  改行; pc++;
```



コード生成

プログラムの構成要素(パーツ)とコード生成

```
int main()
{
      int i, j;
      i = 3;
      j = 4;
      putint(i+j);
 }
```

宣言部(declaration)
int i,j;

PUSH 0 2

POP 0 2

文(statement)

式(expression)

加算式(expression) i+j

代入文
i =3;

LDV 0 0

LDV 0 1

AD 0 0

LDC 0 3

STV 0 0

出力文
putint(…)

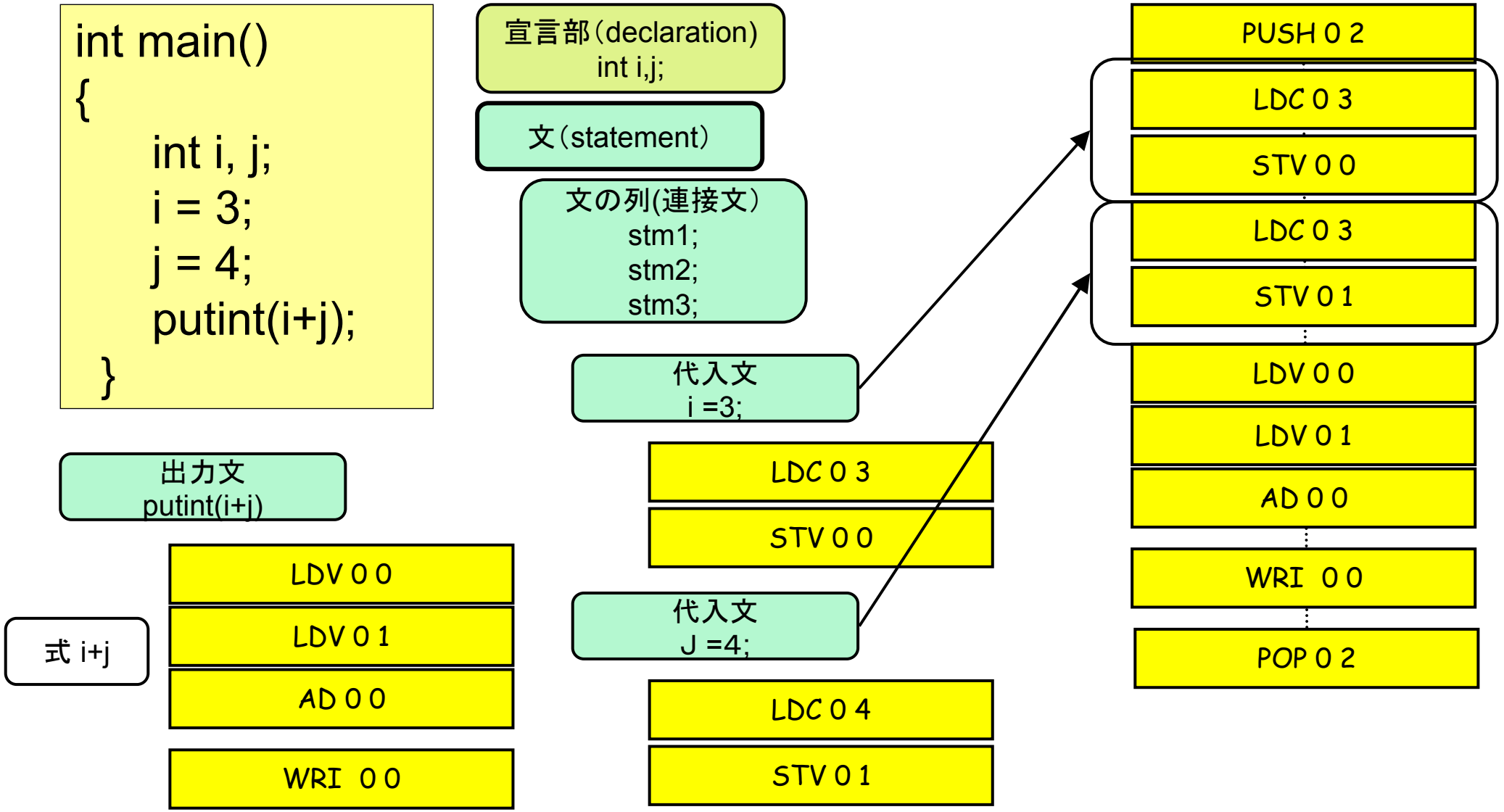
WRI 0 0

定数式(expression) 3

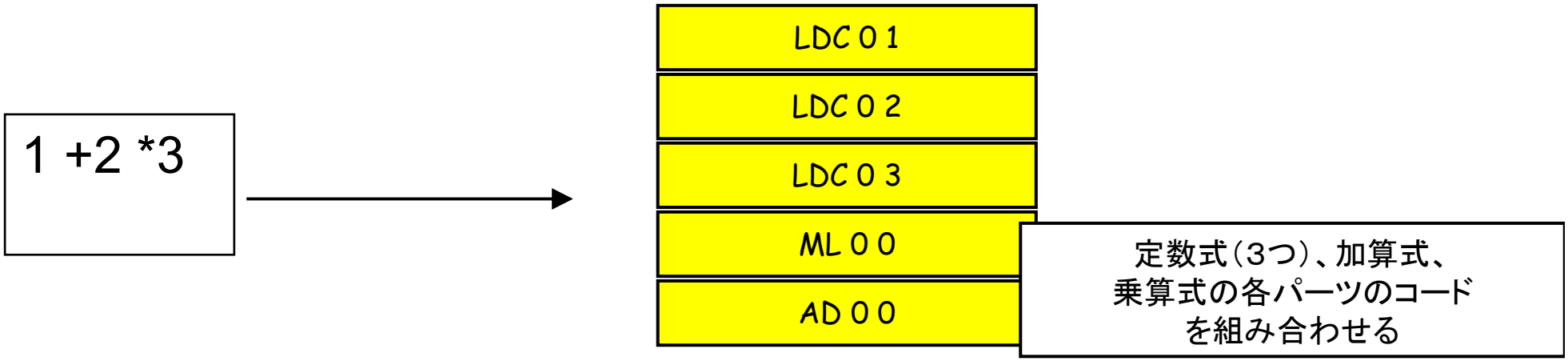
LDC 0 3

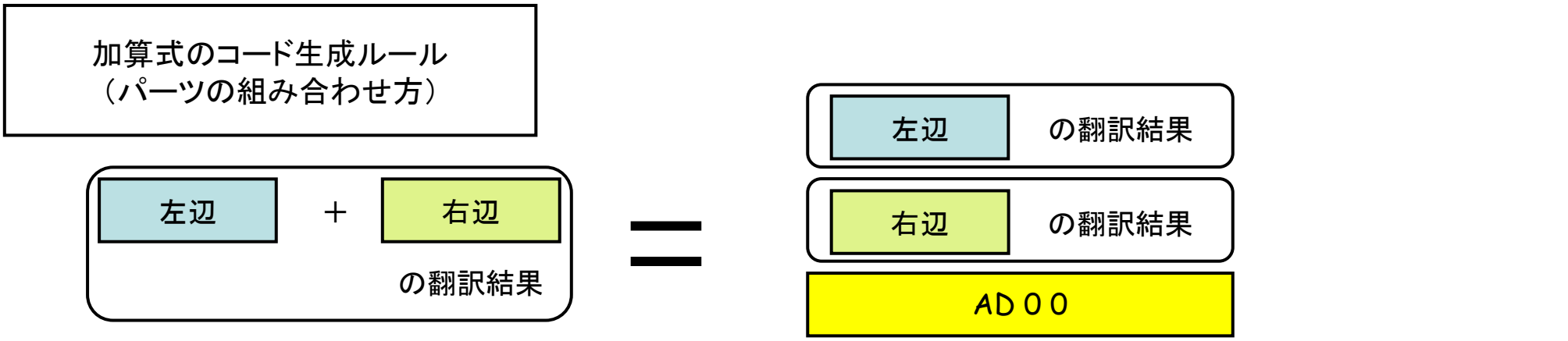
文の列(連接文)
stm1;
stm2;
stm3;

コード生成=各パーツのコードをつなぎ合わせる



コード生成(式)



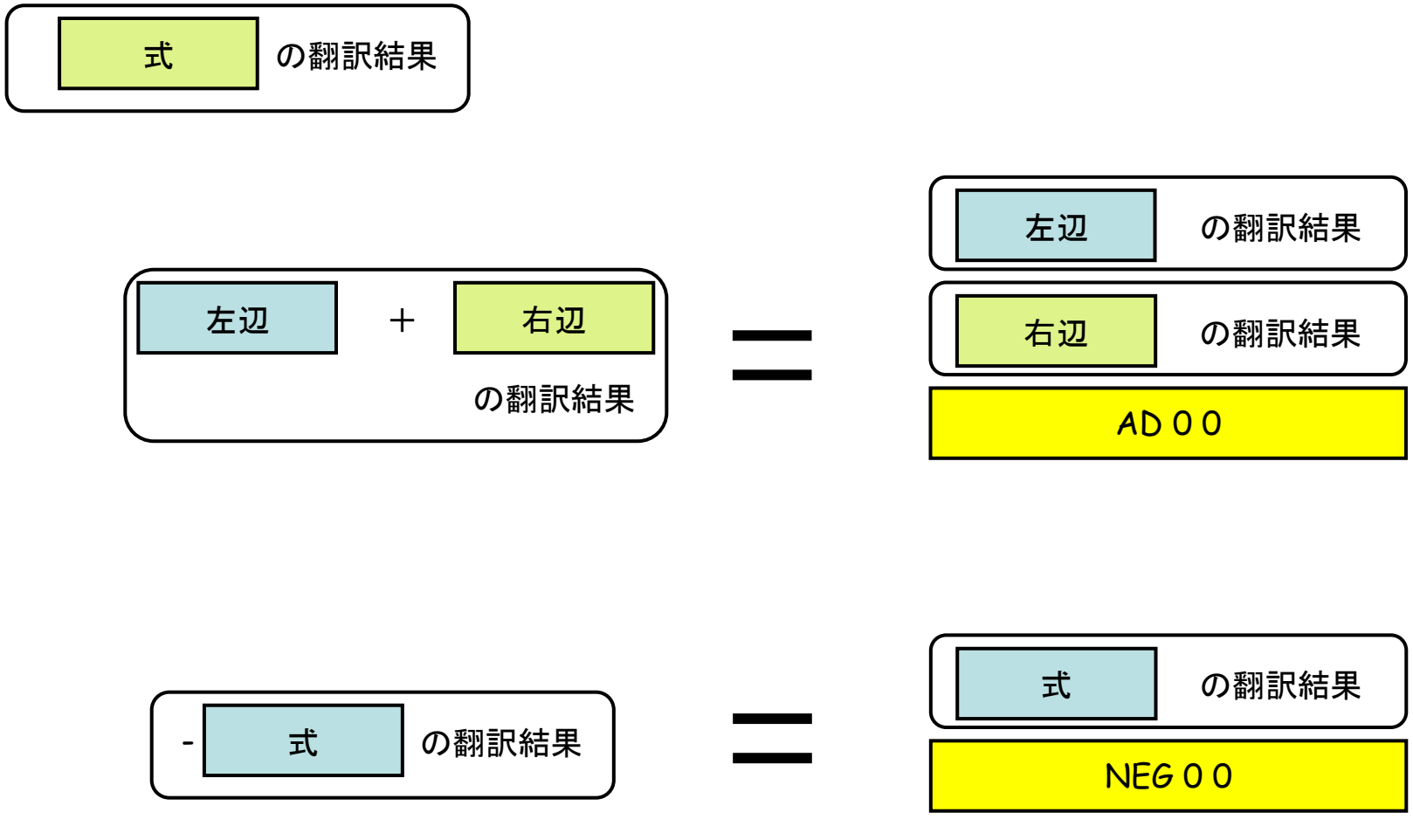


左辺式の翻訳結果（コード生成の結果）の後に、
右辺式の翻訳結果を並べて、
最後に命令”AD 0 0”をくっつける

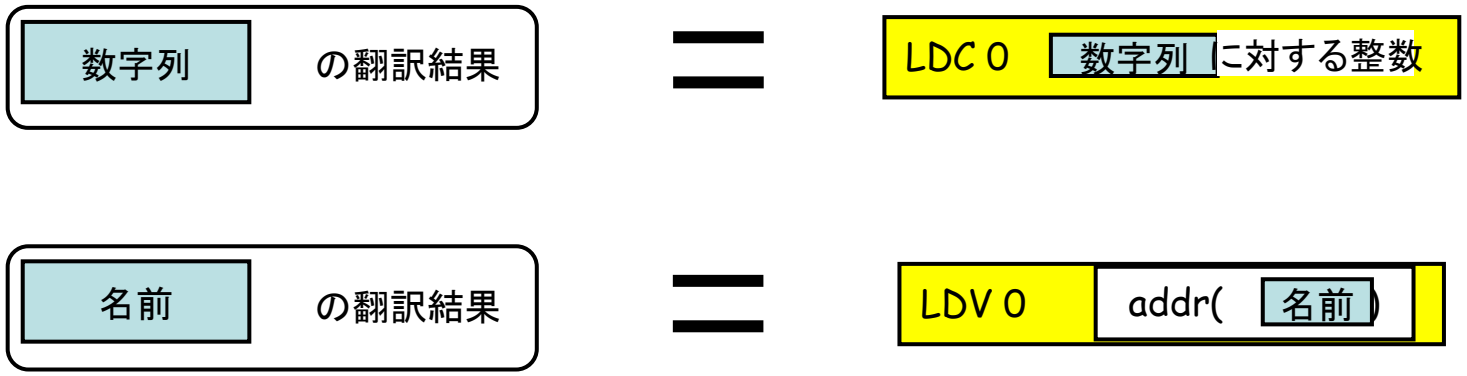
原始言語(Source Language):式の文法

<EXPRESSION>::= <TERM>
| <EXPRESSION> '+' <TERM>
| <EXPRESSION> '-' <TERM>
<TERM>::= <UNARY>
| <TERM> '*' <UNARY>
| <TERM> '/' <UNARY>
<UNARY>::== <FACTOR>
| '-' <UNARY>
<FACTOR>::= <IDENT>
| <NUMBER>
| '(' <EXPRESSION> ')'
<IDENT>::=a～zの英字
<NUMBER>::=数字の1回以上の繰り返し文字列

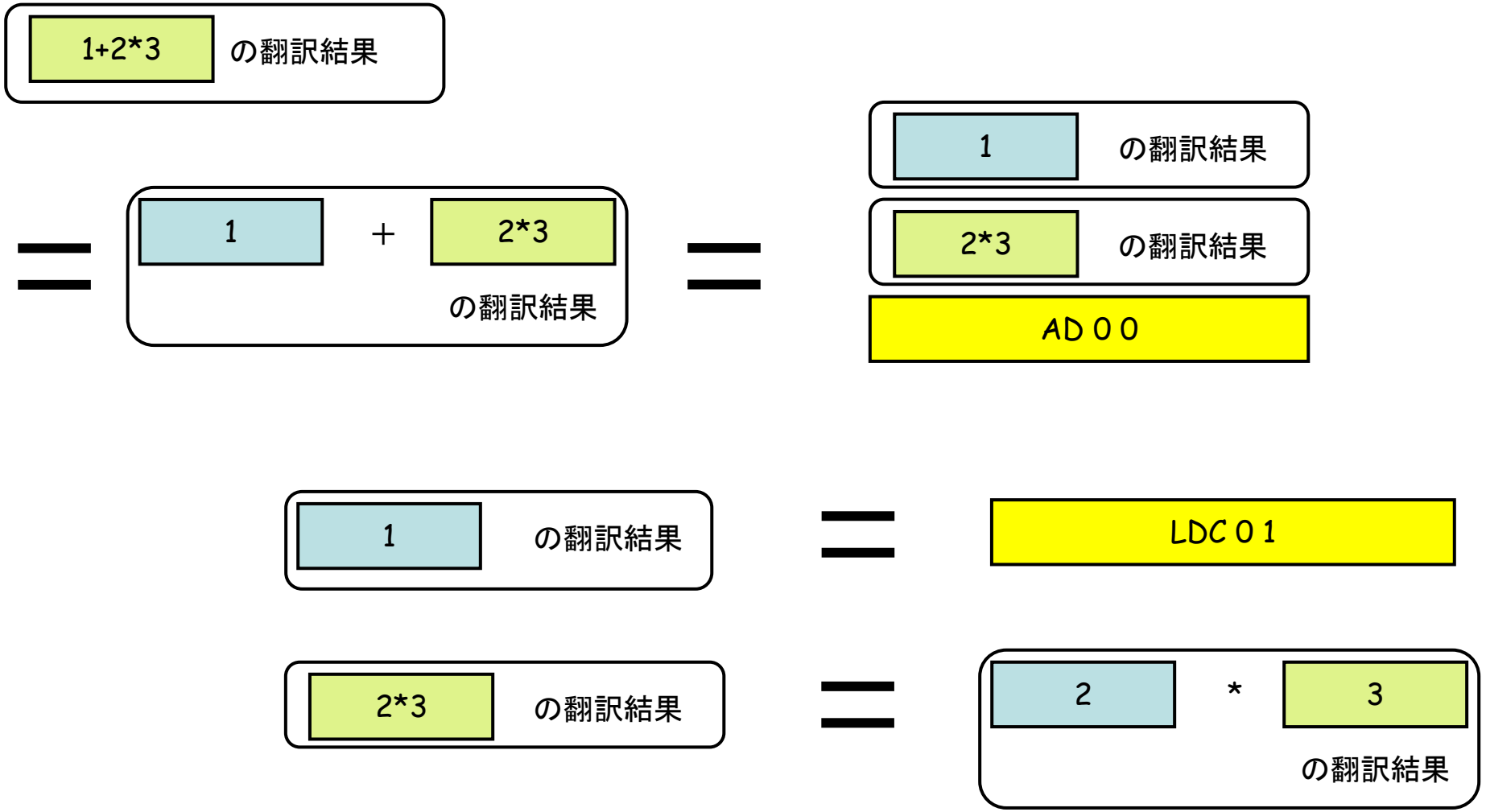
「式」のコード生成(1)


式
の翻訳結果
左辺
+
右辺
の翻訳結果
=
左辺
の翻訳結果
右辺
の翻訳結果
AD 0 0
-
式
の翻訳結果
=
式
の翻訳結果
NEG 0 0

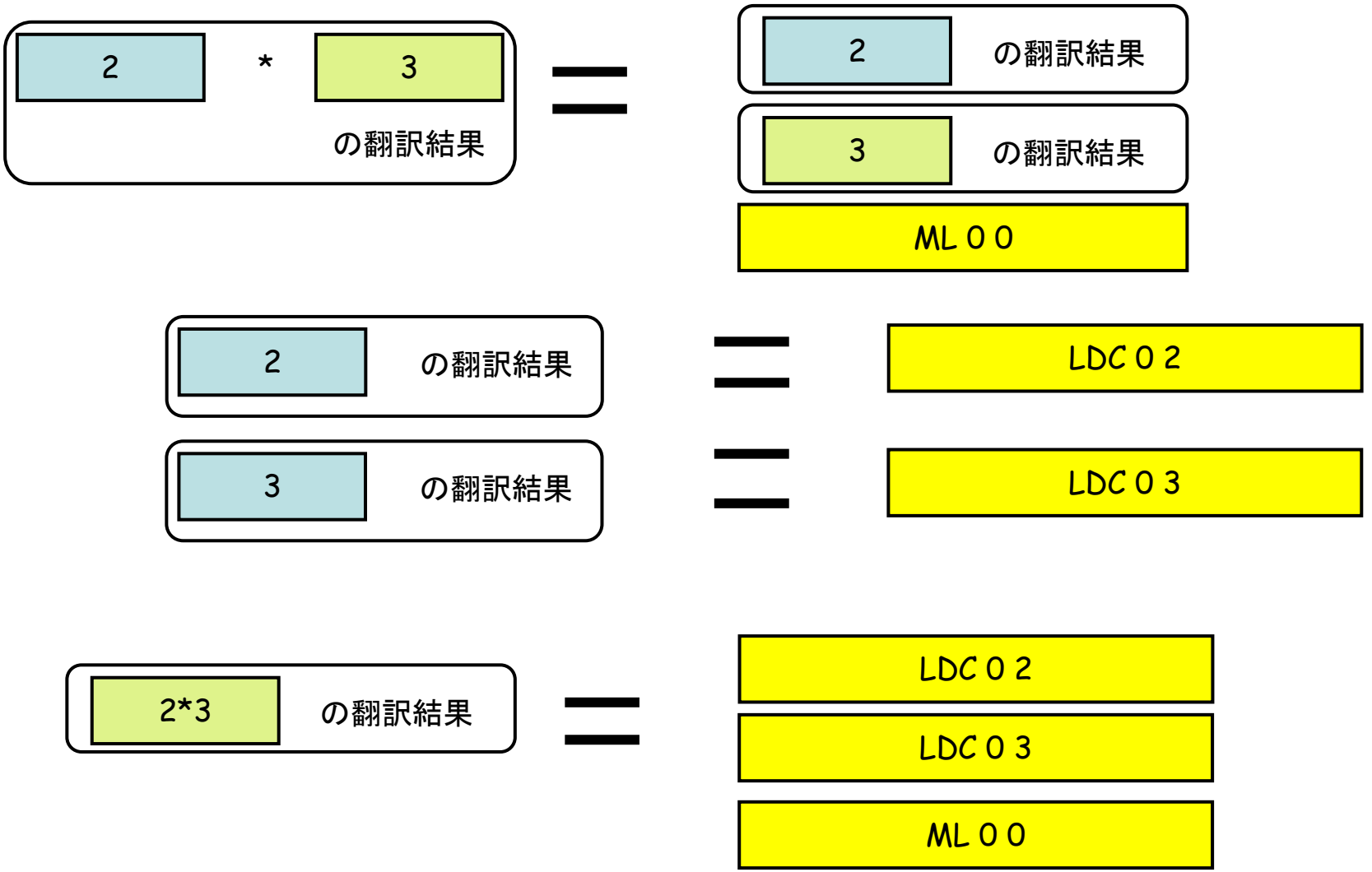
「式」のコード生成(2)



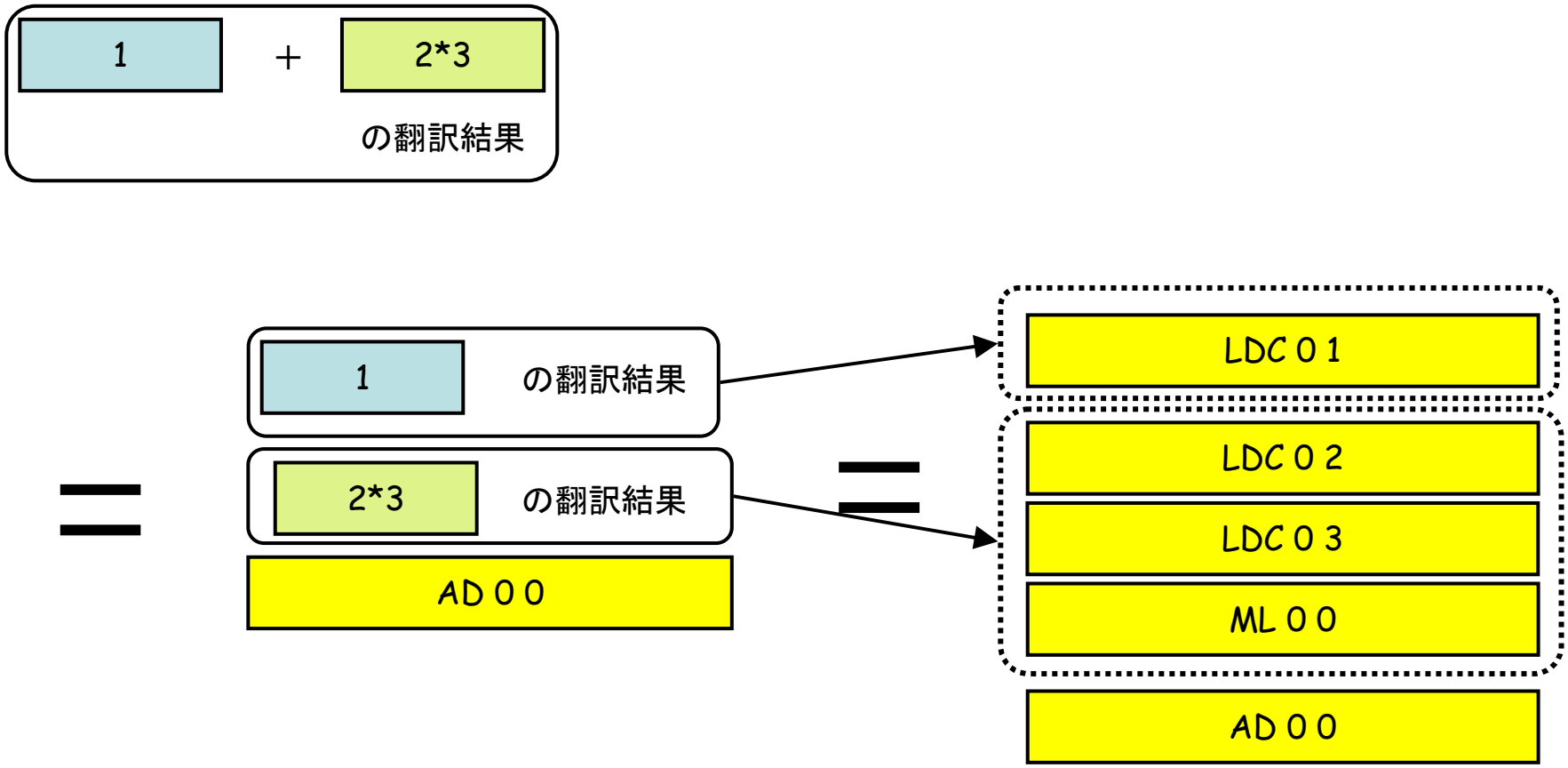
例: 1+2*3 (1)


1+2*3 の翻訳結果
=
1 + 2*3
の翻訳結果
=
1 の翻訳結果
2*3 の翻訳結果
AD 0 0
1 の翻訳結果
=
LDC 0 1
2*3 の翻訳結果
=
2 * 3
の翻訳結果

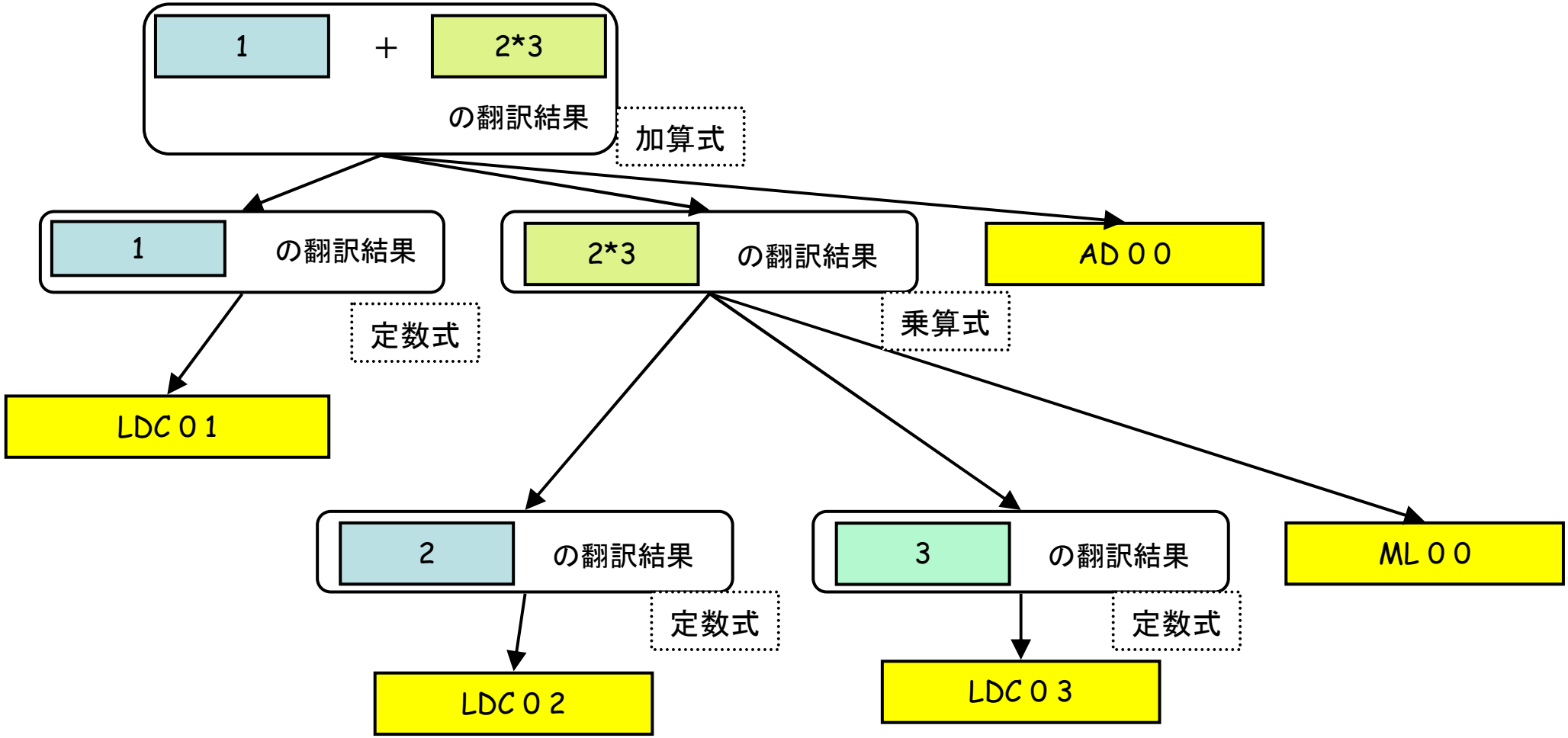
例: 1+2*3 (2)


2
*
3
の翻訳結果
=
2
の翻訳結果
3
の翻訳結果
ML 0 0
2
の翻訳結果
=
LDC 0 2
3
の翻訳結果
=
LDC 0 3
2*3
の翻訳結果
=
LDC 0 2
LDC 0 3
ML 0 0

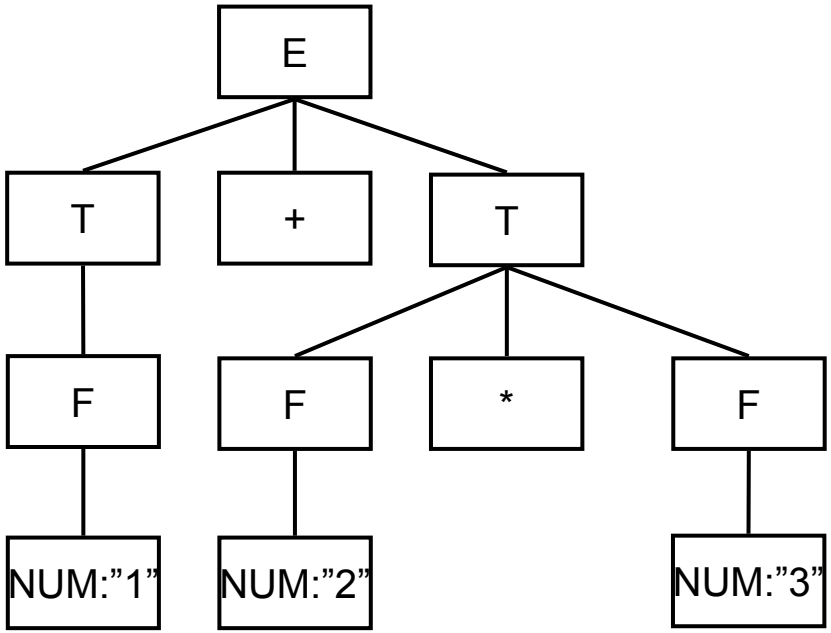
例: 1+2*3 (3)



例: 1+2*3 (4)

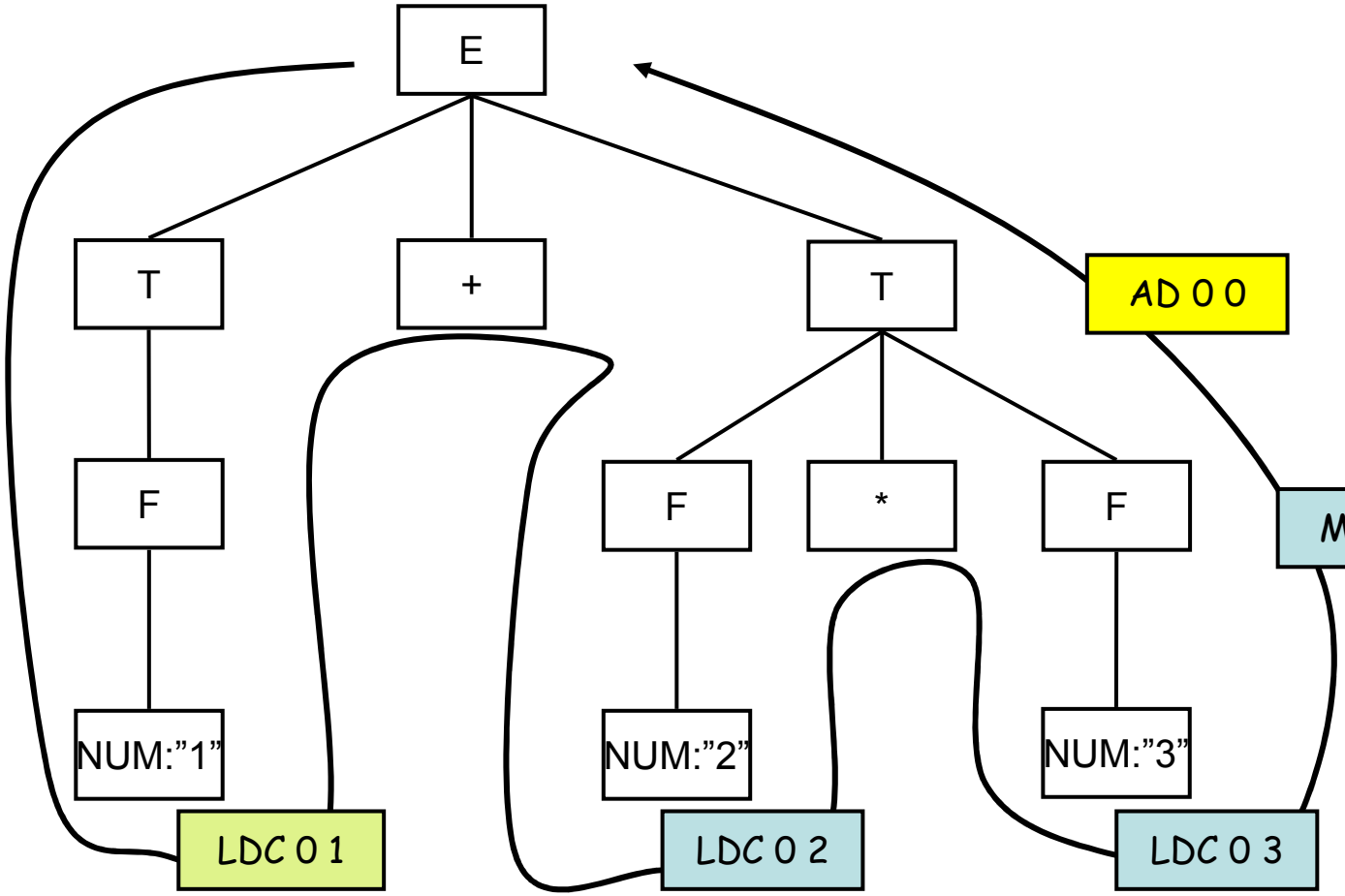

1
+
2*3
の翻訳結果
加算式
1
の翻訳結果
定数式
LDC 0 1
2*3
の翻訳結果
乗算式
AD 0 0
2
の翻訳結果
定数式
LDC 0 2
3
の翻訳結果
定数式
LDC 0 3
ML 0 0

構文解析と同時に行うコード生成



E → T { '+' T }
T → F { '*' F}
F → NUM

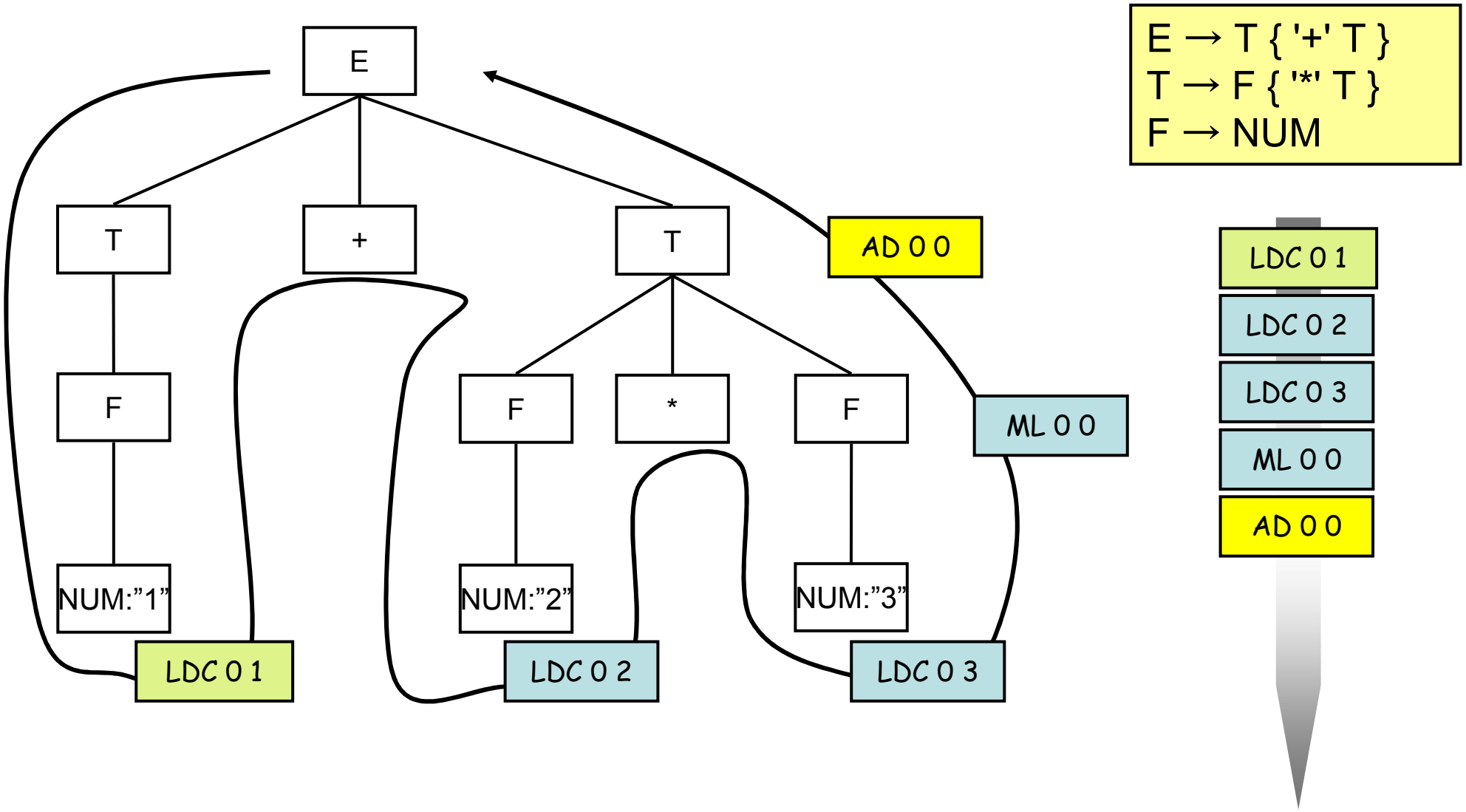
構文解析と同時に行うコード生成



E → T { '+' T }
T → F { '*' T }
F → NUM

E → T { '+' T [**AD 0 0**]}
T → F { '*‘ F [**ML 0 0**]}
F → NUM [**LDC 0, NUM** に対する整数]

構文解析と同時に行うコード生成



練習問題(2)

- 1+2*3+4*5に対するコード生成を前頁のスライドを参考に、構文木に沿った形で行え。
- (1+2)*3の場合は、どうか？

原始言語(Source Language):文、ブロック等

```
<PROGRAM>::= <MAIN>
<MAIN>::= 'int' 'main'  '(' ')' <BLOCK>
<BLOCK>::= '{' <STATEMENTLIST> '}'
<STATEMENTLIST>::=empty
                |<STATEMENTLIST> <STATEMENT>
<STATEMENT>::= <SUBSTITUTION> '=' <EXPRESSION> ';'
            | '{' <STATEMENTLIST> '}'
            | 'putint' '(' <EXPRESSION> ')' ';'
            | 'putnl";'
<SUBSTITUTION>::= <IDENT>
----------------------------------------
putint  <EXPRESSION>の値を整数で出力
putnl   改行コードをコンソールに出力する
```

出力文のコード生成

putint(123) ;

LDC 0 123

WRI 0 0

putint(1+2*3) ;

LDC 0 1

LDC 0 2

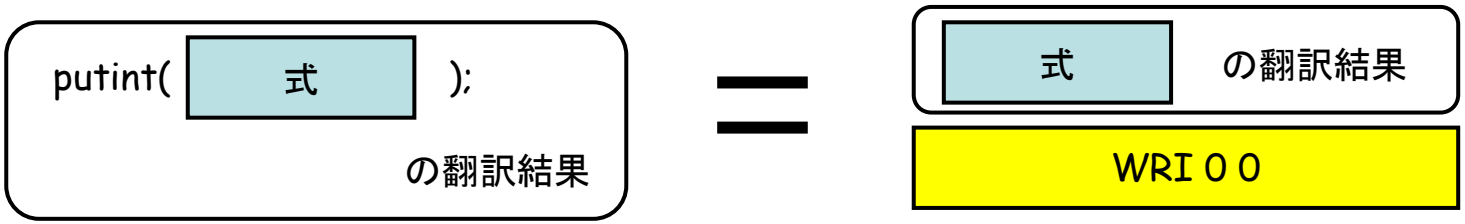
LDC 0 3

ML 0 0

AD 0 0

WRI 0 0

WRI 0 0　整数表示：S[sp]を表示; sp--; pc++;



文の列(statementlist)のコード生成

putint(123) ;

LDC 0 123

WRI 0 0

putint(123) ;
putint(1+2*3);

putint(1+2*3) ;

LDC 0 1

LDC 0 2

LDC 0 3

ML 0 0

AD 0 0

WRI 0 0

LDC 0 123

WRI 0 0

LDC 0 1

LDC 0 2

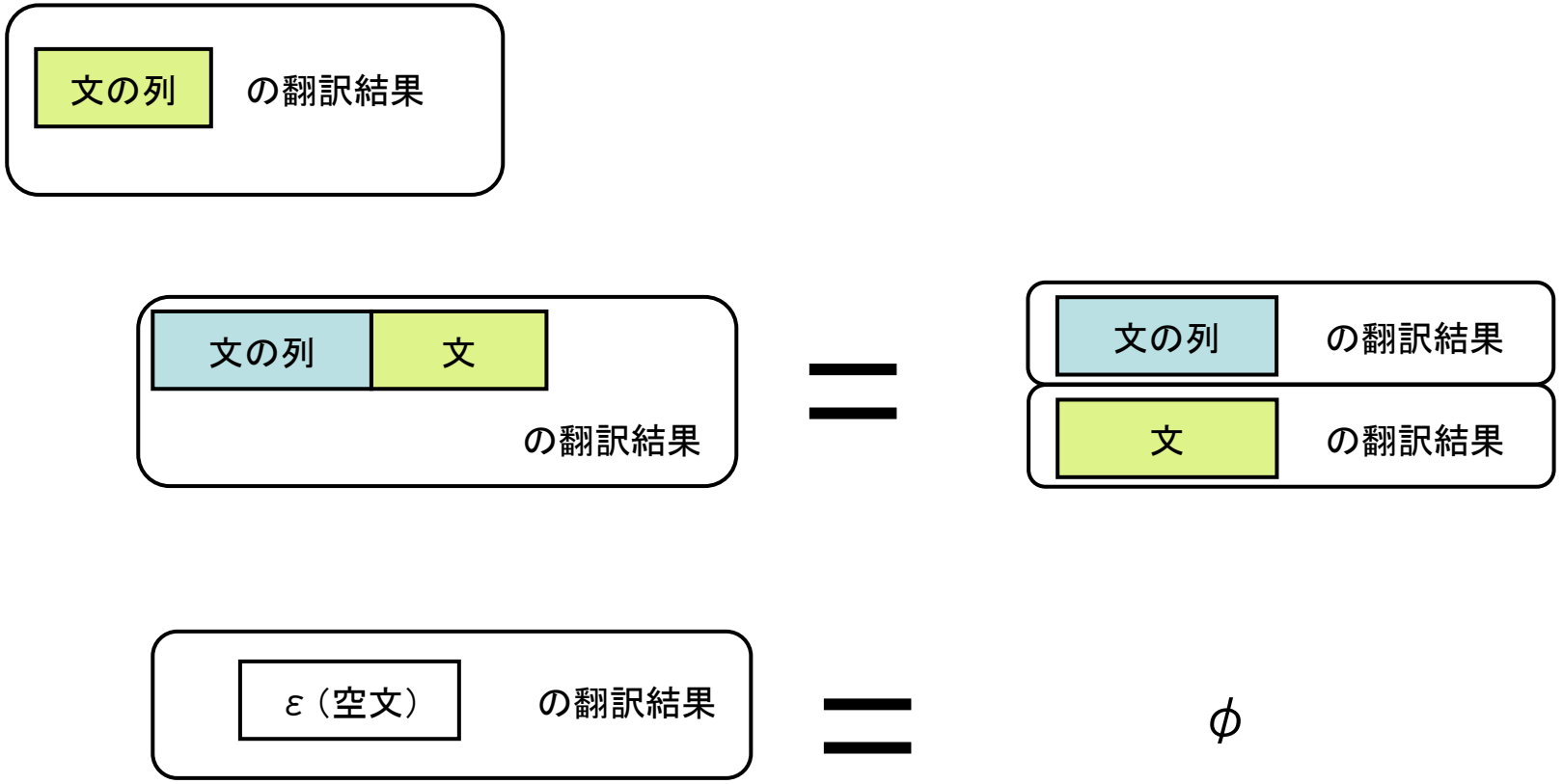
LDC 0 3

ML 0 0

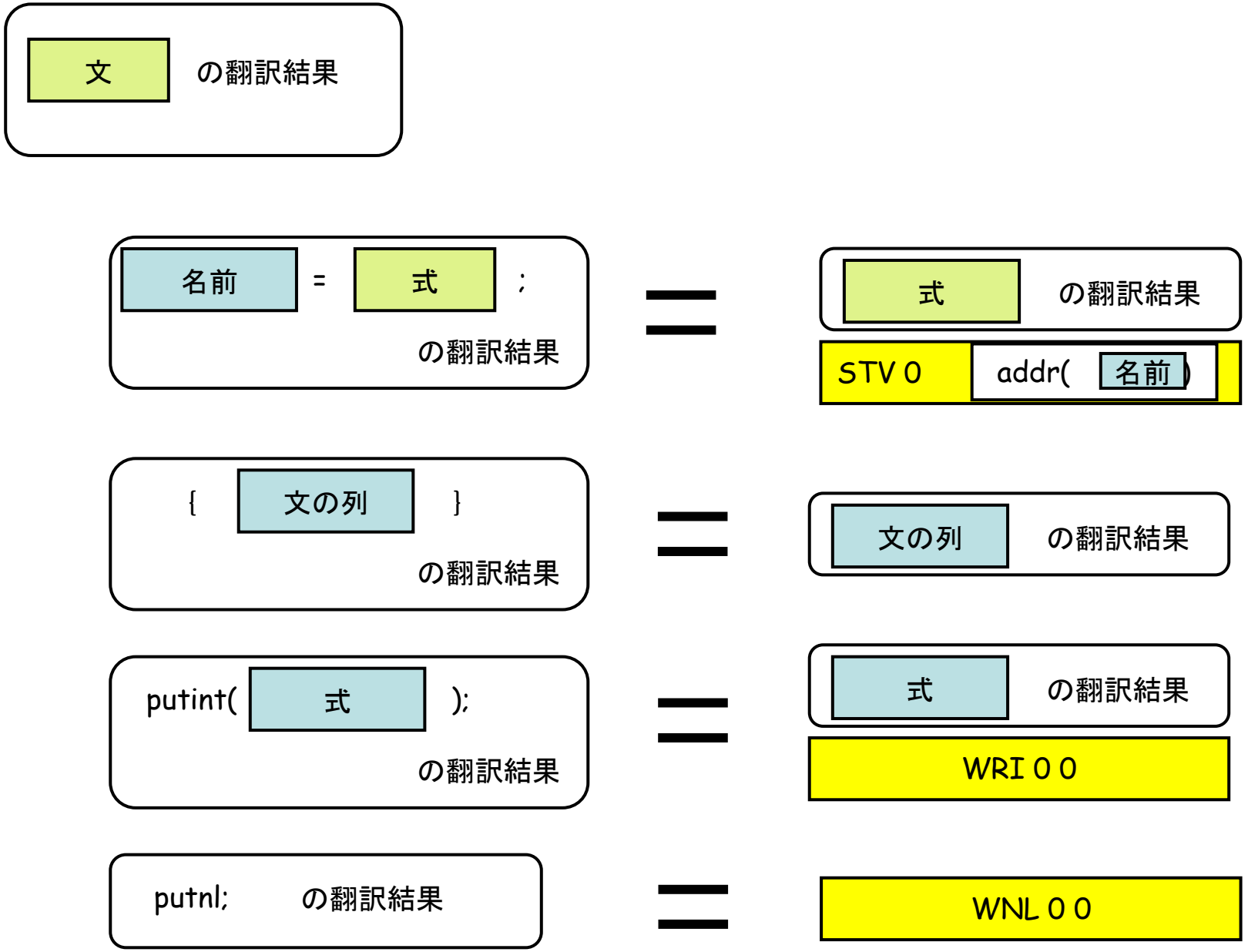
AD 0 0

WRI 0 0

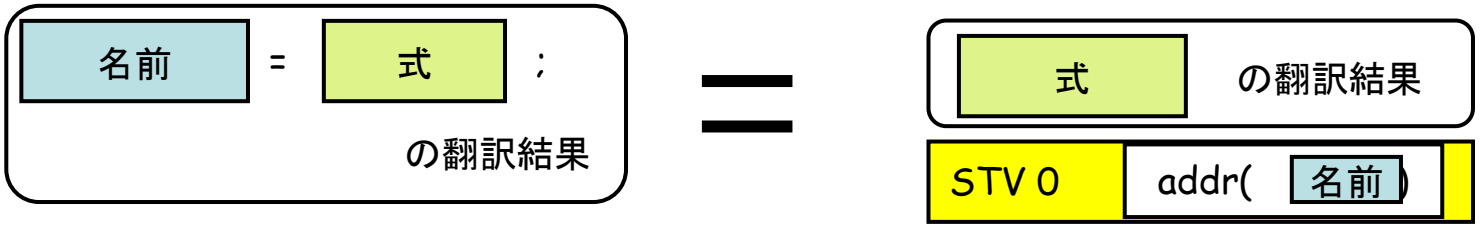
「文の列」(statementlist)のコード生成



「文」(statement)のコード生成



代入文のコード生成



addr(名前)は、名前に対して割り当てた
記憶域のアドレス

a = 1+2*3 ;

今、変数aの値を保持するアドレスが
1(addr('a')=1) だとすれば、、、

LDC 0 1
LDC 0 2
LDC 0 3
ML 0 0
AD 0 0

STV 0 1

練習問題(3)

- 下記のプログラムを、構文木に沿ってコード生成することで翻訳せよ。ただし”int a; int b;”の宣言部は、変数a,bの値を保持する領域を確保するコード(PUSH 0 2)に翻訳されるものとする。また、addr(a)=0, addr(b)=1とする。

```
int a;
Int b;
a = 1+2*3;
b = a * 4;
putint(a);
```

コンパイラ作成の流れと、プログラムの実行